통신망 대역폭 변화에 적응하는 MPEG 데이터의 QoS 필터링 기법과 스케일러블 전송 기법

유우종[†] · 김두현[††] · 유관종[†††]

요 약

이질적인 통신망 환경으로 연결된 인터넷을 통한 멀티미디어 서비스가 확산됨에 따라 이를 이용하는 사용자의 가입 망과 단말기의 성능이 서로 다른 QoS를 갖을 수 있는데, 이와 같은 상이한 QoS 요구에 부응하는 데이터 발생률을 서버에서 실시간으로 통제할 수 있으면, 동적으로 변화하는 통신 대역폭 변화를 클라이언트에 적용할 수 있어 세션마다 서로 다른 스케일링으로 비디오 데이터를 실시간으로 서비스 할 수 있게 된다. 또한, 동일한 비디오 스트림을 QoS에 따라 적용할 수 있도록 다양한 대역폭에 따라 중복하여 보관함으로써 수반되는 저장매체의 낭비효과와 불필요한 데이터 전송의 오버헤드를 제거할 수 있다.

이를 위해 본 논문에서는 부호화된 상태로 저장되어 있는 MPEG 비디오 데이터를 스케일러블 하게 분할하는 기법으로 프레임 율 조정기법과 화질 조정기법 제안하고, 분할된 미디어를 통합하는 기법으로 병합기를 제안하며, 사용자 가입자 망의 특성에 따라 세션마다 서로 다른 전송량으로 송수신하는 방법을 지원하기 위해 서버 및 클라이언트에 존재하는 QoS 관련 모듈들을 제안한다. 그리고, 이들 기법을 하나로 통합한 시스템 블록구조를 제안하며, 실험 결과에 대해서도 논한다. 본 논문에서 제안하는 기법을 이용하면 보다 효율적으로 통신망 자원을 활용할 수 있고, 사용자 컴퓨팅 환경에 적합한 멀티미디어 데이터를 실시간으로 재생할 수 있다.

The QoS Filtering and Scalable Transmission Scheme of MPEG Data to Adapt Network Bandwidth Variation

Woo-Jong Yoo[†], Doo-Hyun Kim[††] and Kwan-Jong Yoo[†††]

ABSTRACT

Although the proliferation of real-time multimedia services over the Internet might indicate its successfulness in dealing with heterogeneous environments, it is obvious, on the other hand, that the Internet now has to cope with a flood of multimedia data which consumes most of network communication channels due to a great deal of video or audio streams. Therefore, for the purpose of an efficient and appropriate utilization of network resources, it requires to develop and deploy a new scalable transmission technique in consideration of respective network environment and individual clients computing power. Also, we can eliminate the waste effects of storage device and data transmission overhead in that the same video stream duplicated according to QoS.

The purpose of this paper is to develop a technology that can adjust the amount of data transmitted as an MPEG video stream according to its given communication bandwidth, and a technique that can reflect dynamic bandwidth while playing a video stream. For this purpose, we introduce a media scalable media decomposer working on server side, and a scalable media composer working on a client side, and

---

본 연구는 한국전자통신연구원의 지원을 받았음
[†] 정회원, 대전보건대학 컴퓨터정보처리과 조교수
[††] 한국전자통신연구원 책임연구원
[†††] 충남대학교 정보통신공학부 교수

then propose a scalable transmission method and a media sender and a media receiver in consideration of dynamic QoS. Those methods proposed her can facilitate an effective use of network resources, and provide multimedia MPEG video services in real-time with respect to individual client computing environment.

1. 서 론

최근 들어 이질적인 통신망 환경으로 연결된 인터넷을 통한 비디오나 오디오 같은 대용량 멀티미디어 데이터의 서비스가 증가함에 따라 통신망 트래픽이 폭주하게 되었다. 이로 인해 같은 세션에 등록된 가입자라 하더라도 통신망과 단말기의 QoS(Quality of Service) 상태에 따라 서비스 품질형태를 다양하게 지원하고 보다 효율적으로 네트워크 자원을 사용하기 위해 계층적 코딩(Layered Coding)기법이 주목받게 되었다. 계층적 코딩 기법은 비디오 같은 멀티미디어 데이터를 기본 레이어(Base Layer)와 고위 레이어(Enhancement Layer)로 분리한 후, 재생하는 사용자의 컴퓨터 환경과 네트워크 환경을 고려하여 필요한 레이어를 선택하여 전송한 후 복호화하는 기법으로, 낮은 대역폭 환경 하에서는 기본 레이어만을 전송 후 복호화하고 높은 대역폭 환경 하에서는 기본 레이어와 고위 레이어를 함께 전송한 후 복호화하게 된다[1-3].

이와 같이 QoS에 따라 데이터 발생률을 조절하는 기법들은 데이터 발생의 특성에 따라 영상회의 형태의 실시간 발생 데이터 전송방식과 주문형 비디오 같은 저장 데이터의 전송방식으로 구분된다. 실시간 발생 데이터 전송의 경우에 주로 적용하는 데이터 발생률 조절방식은 양자화 계수 조정이나 프레임 율 조정이다. 이들은 모두 데이터 발생 장치인 인코더의 동작을 제어하는 형태이며, 세션 종료와 동시에 미디어 데이터도 휘발 되므로 미디어 데이터의 재사용에 관한 논의는 필요 없게 된다. 그러나, 저장 데이터 전송의 경우에는 한번 압축 저장된 미디어 데이터가 세션마다 반복하여 제공되므로, 서로 다른 정적인 QoS 요구 및 동적인 QoS 요구를 만족시키기 위해서는 요구된 비트 율에 적합하도록 미디어 데이터를 선택적으로 조합할 수 있는 미디어 스케일링 기법이 요구된다[4].

국제 동영상 압축의 표준인 MPEG(Moving Picture Experts Group)-2 비디오에서는 계층화된 코딩 방식으로 SNR(Signal to Noise), 공간(Spatial), 시간(Temporal), 그리고 Data Partitioning 스케일러빌리티 등 4가지를 정의하고 있고, 이에 대한 많은 연구가 진행되었으나 기본 레이어 만으로도 데이터량이 상당하여 현재의 망 상황에서는 MPEG 인코더에 이를 적용한다는 것은 무의미하다[5-11].

지금까지 미디어 스케일러블 전송을 위한 계층적 코딩을 이용한 기법에 대한 연구는 많이 진행되었으나, 이들 연구결과를 종합해 보면 다음과 같은 단점이 존재한다. 첫째, 비디오 서비스의 경우 전용선 위주의 서비스를 지향하고 있고, 이를 이용할 경우 추가적인 하드웨어 설치를 필요로 한다. 따라서 인터넷과 같은 이질적인 망 환경을 갖는 이용자가 VOD (Video On demand) 서비스를 받고자 할 때는 추가적인 비용투자를 감수해야 한다. 둘째, 비디오 스트림을 이용자 대역폭의 QoS에 따라 여러 개 중복하여 저장한 후 서비스 함으로써 저장매체의 기억공간을 낭비하였다. 이는 지원하고자 하는 QoS 종류 만큼의 복사본이 다양한 형태의 품질로 존재하게 됨으로 원본 비디오 스트림의 크기와 복사본 개수에 따라 낭비하는 저장매체의 기억공간은 결정된다. 세째, 최초의 서비스 과정에서 정적인 QoS를 자동으로 감지하여 서비스해주는 기능이 부재하였다. 사용자는 서비스 요구시점에서 이용 가능한 대역폭을 수동으로 시험한 후 이에 맞는 비디오 품질을 선택하거나, QoS에 따른 서비스 항목을 클릭하여 비디오가 정상적으로 재생되는 지를 시각적으로 확인한 후 이중 하나를 선택해야 하는 불편함이 존재하였다. 넷째, 재생 중 화질의 열화 등으로 인해 QoS를 변경할 수 있는 기능이 없다. 현재까지 상용화된 대부분의 미디어 플레이어는 재생 중에 QoS를 변화시킬 수 있는 기능이 없고, 이를 수동으로 변경시키면 처음부터 다시 재생됨으로 인해 사용자에게 불편함을 가져다 주었고, QoS를 변화시킨 횟수만큼 이전에 재생되었던 자원과 시간이 낭비되고, 서버와 클라이언트가 망으로 연결된 경우는 이로 인해 통신망 자원을 낭비하는 결과를 초래하였다.

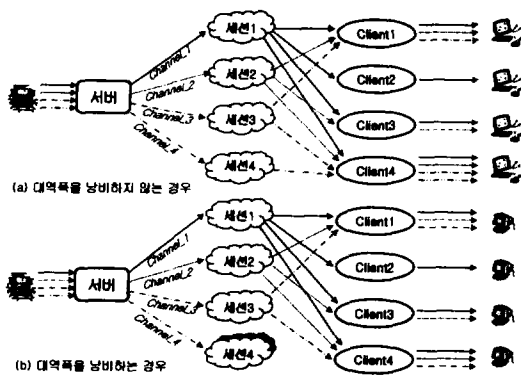



그림 1. Multicast 기법에서의 서버와 클라이언트 간 자료 송수신 관계

다섯째, Multicast 기법을 사용하는 기존의 Layered 인코딩 시스템에서도 자원을 낭비하는 경우가 존재한다. 기존의 Layered 인코딩 기법의 경우에는 서버의 부하를 경감시키기 위해 서비스 품질에 대한 제어권을 클라이언트가 갖고서 자신의 QoS에 맞는 채널에 조인(Join)하여 데이터를 수신함으로써, 서버는 클라이언트의 QoS를 인식하지 못해 클라이언트가 모든 채널로부터 수신할 수 없음에도 불구하고 항상 모든 채널에 Layered된 비디오 스트림을 송신함으로써 통신자원을 낭비하는 경우가 발생하게 된다[그림 1의 (b)]. 만일 서버가 멀티캐스트 그룹 내에 있는 클라이언트의 QoS 중 최상의 QoS를 선택할 수 있고, 선택된 최상의 QoS에 적합한 채널 만으로 비디오 스트림을 송신할 수 있다면, QoS 범주를 벗어나는 채널로 전송하는 데이터를 생략할 수 있어 서버의 부하를 경감시킬 수 있고 통신망 자원의 낭비를 줄일 수 있다. 즉, [그림1]의 (b)에서 서버는 채널4로부터 데이터를 수신하는 클라이언트가 없음에도 불구하고 일단은 채널4를 통해 데이터를 송신함으로써 불필요하게 통신자원을 낭비하게 된다. 그러나, 이를 보내지 않을 수 있는 기능이 서버에 존재한다면 채널4로 전송되는 데이터 양 만큼의 자원 이동과 서버의 부하를 경감할 수 있게 된다. 여섯째, Point-to-Point로 연결된 Unicast 기법을 사용하는 VOD 서비스 구조에서도 서버와 클라이언트 사이에 송수신되는 데이터 양을 최적화 시키는 기법에 대한 연구는 미진한 상태다. 만일, 하나의 VOD 서버에 다수의 클라이언트가 접속되어 있고 이들 클라이언트가 같은 시간대에 서로 다른 내용의 비디오를 서로 다른 QoS로 서비스 받고자 하는 경우에 서버는 자신에 연결되어 있는 모든 클라이언트의 QoS를 수신한 후, 수신한 클라이언트의 QoS에 적합한 양 만큼의 비디오 데이터를 전송한다면 전송되지 않은 양 만큼의 대역폭을 절약할 수 있게 된다.

이와 같은 문제점을 해결하기 위해서는 우선, 저장 데이터를 QoS에 따라 송수신하기 위해서 서버측에 저장되어 있는 미디어를 여러 개의 레이어로 중복됨이 없이 분리하는 기능과 현재의 QoS에 적합한 레이어를 선택하는 기능, 선택된 레이어를 송수신하고 레이어 별로 수신된 스트림을 하나로 통합하는 기능, 그리고 클라이언트 개인별 또는 그룹별로 통신 대역폭 변화를 주기적으로 모니터링한 후 이를 재생 중에 동적으로 적용할 수 있는 기능 등이 필요하다 [12-14].

따라서, 본 논문에서는 Multicast나 Unicast 방식을 이용한 VOD 서버에서 통신망 대역폭 낭비를 줄이기 위해 수신측의 최상 QoS에 따른 데이터 양만을 전송하도록 하는 기법과, 클라이언트의 QoS가 변하면 서버에서 전송하는 양도 달리할 수 있는 기법을 제안한다. 이를 위해 압축 저장된 MPEG 비디오 스트림을 정적 및 동적인 QoS에 따라 다양하게 서비스할 수 있도록 데이터를 분해하고 취합하는 분할기 및 병합기와 데이터의 송수신을 담당하는 전송기 및 수신기를 제안하고, 이들을 구현하는 알고리즘에서 QoS 변화에 따라 레이어 이동시 사용하는 메타정보를 생성 및 이용 기법을 제안한다. 또한, 자동으로 정적인 QoS에 따라 서버에서 전송할 레이어를 선택하는 기법과 동적인 QoS 변화를 감지하고 반영할 수 있는 QoS 모니터와 적응기, 그리고 QoS 적응형 시스템 모델을 서버 및 클라이언트 구조로 설계한 결과를 제안한다. 본 논문에서 제안하는 기법을 이용하면 위에서 언급한 기존의 연구 결과가 가지고 있는 6가지 단점 중에서 동적으로 QoS를 모니터링하는 기능을 제외하고는 모두 해결할 수 있을 것으로 사료되며, 모든 기능은 소프트웨어적인 방법으로 해결하기 때문에 추가적으로 하드웨어를 설치할 필요는 없다. 동적으로 QoS를 모니터링하는 기능은 현재 설계 및 구현 중에 있으므로, 본 논문에서는 알고리즘과 같은 자세한 언급은 생략한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 미디어 스케일러빌리티의 개념에 대해 기술하고, 3장에서는

두 가지 QoS 필터링 기법을 제안하고 이들에 대한 실험결과를 분석한 후 메타정보 생성 및 이용에 대해서 살펴본다. 4장에서는 통합된 분할 기법의 의미와 실험 결과로 성능을 분석한 내용을 기술하며, 5장에서는 QoS 적응형 시스템 모델과 모델 내에 있는 각종 모듈의 기능을 살펴보고, 마지막 6장에서는 결론을 맺도록 한다.

2. 미디어 스케일러빌리티

실시간으로 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 기존의 서비스에서 필요로 하는 대역폭에 비해 높은 대역폭이 요구되며, 압축된 MPEG-2 비디오의 경우 평균적으로 1.5Mbps(MPEG-1은 256Kbps)의 대역폭이 요구되게 된다. 그러나, 이처럼 높은 대역폭을 갖는 광대역 통신망(B-ISDN)환경이 있는 반면에, 이동 망과 같이 대역폭이 적은 통신망 환경도 존재하게 된다. 이처럼 이질적인 환경에서 실시간 멀티미디어 서비스를 스케일러블 하게 제공하기 위해서 등장한 것이 계층적 코딩이다[12,13].

계층적 코딩이란 다양한 대역폭에 적응할 수 있도록 멀티미디어 데이터를 직교성분으로 분할하여 코딩하는 것으로 높은 대역폭을 갖고 있는 통신망 환경에서는 모든 레이어를 전송하게 되고, 그렇지 못한 통신망 환경에서는 통신 대역폭의 최대 허용치에 맞는 레이어만을 전송하여 재생하는 기법이다.

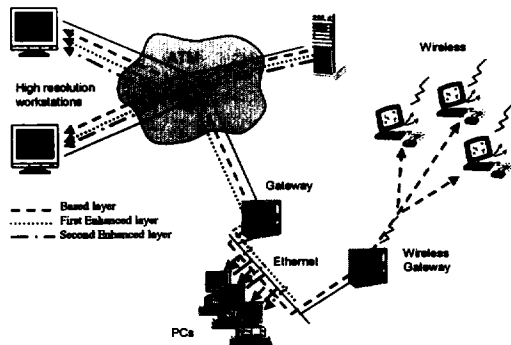



그림 2. 가입자 망의 QoS에 따른 멀티미디어 데이터 서비스

[그림 2]에서 보는 바와 같이 멀티미디어 데이터는 3개의 레이어로 스케일링 되어있고, 통신망 가입자는 자신의 QoS에 적합한 세션에 가입되어 세션에 따라서 서로 다른 품질의 서비스를 받게 된다. [그림 2]에서 ATM망을 근간으로 하는 세션에 가입된 고화질 워크스테이션은 기본 레이어와 모든 고위 레이어를 수신하지만, Ethernet 환경의 세션에 가입된 PC들은 기본 레이어와 첫번째 고위 레이어를, 그리고 Wireless 환경하의 세션에 가입된 장치들은 기본 레이어만을 수신하여 가장 열악한 품질의 서비스를 받음을 알 수 있다.

본 논문에서 제안하는 방식을 토대로 [그림 2]을 좀더 체계적으로 표현한 것이 [그림 3]에 있다.

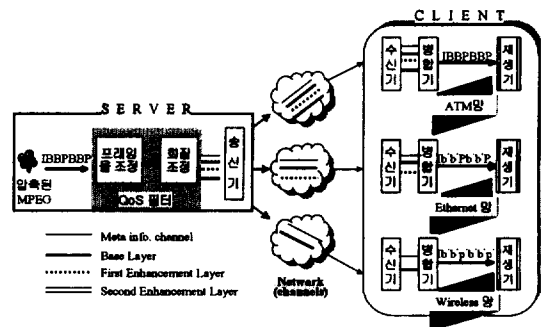



그림 3. QoS 필터를 이용한 미디어 스케일링

[그림 3]는 앞으로 소개할 QoS 필터링 기법에서 화질 조정은 생략하고, 프레임 율에 따라 스케일링 된 미디어를 가입자의 QoS에 따라 서로 다른 품질로 서비스하는 흐름을 서버-클라이언트 모델을 기반으로 나타낸 것이다. 서버의 QoS 필터에서는 멀티미디어 데이터를 여러 개의 레이어로 분리시켜 놓은 다음 통신망의 가용 대역폭에 따라 MPEG 비디오의 모든 프레임(I, P, B 픽처)을 송신할 수도 있고, 일부 프레임(B 픽처, 또는 P와 B 픽처)을 생략한 형태로 송신할 수 있다. Ethernet 망과 Wireless 망에 연결된 클라이언트는 일부 프레임이 생략된 형태로 수신하게 되는데, 그림에서 p′와 b′는 해당 픽처가 생략된 경우 재생되는 프레임 율을 동기화 시키기 위해 삽입한 Dummy 픽처(Skipped 픽처)를 나타낸다[2].

이와 같이 계층적 코딩을 할 경우 통신망의 대역폭을 최적화하여 사용하게 되므로, 통신 자원의 낭비를 방지할 수 있게 되어 통신망의 효율을 높일 수 있고, 사용자가 다소간의 품질저하를 허용한다면 예전에 불가능했던 멀티미디어 데이터 서비스를 실시간으로 제공할 수 있게 되어 인터넷 환경에서 VOD

이용자 저변확대에 일익을 담당할 수 있다[14].

본 논문에서는 이와 같은 계층적 코딩 기법을 미디어 스케일러빌리티의 기본개념으로 사용한다.

3. QoS 필터링

QoS 필터링이라 함은 멀티미디어 비디오 데이터를 QoS에 따라 다양한 품질로 전송될 수 있도록 여러 가지 레이어로 분리하는 것을 말한다. 본 논문에서는 레이어로 분할하는 방법으로 프레임 율을 조정하는 방법과 화질을 조정하는 방법을 제안한다. 프레임 율을 조정하는 방법은 기존에 많은 연구결과가 있었으나, 본 논문에서는 화질 분할기법과 조합하여 비디오 스트림을 좀더 세분화된 형태로 레이어화 하기 위해 사용하였다. 또한, 동적인 QoS 변화를 반영하여 통신망에 전송되는 데이터 양을 조절하기 위해서는 서버에서 레이어 간 이동이 용이하여야 하는데, 이를 위해 레이어 분할시 GOP(Group of Picture) 단위로 각 레이어에 대한 메타정보를 생성하여 레이어 이동시 활용할 수 있는 방안을 제안한다.

3.1 프레임 율 조정

3.1.1 설계 개념

프레임 율 조정기법은 MPEG 비디오 스트림의 픽처 층을 구성하는 픽처 타입(I, P, B 픽처)에 따라 3개의 레이어로 나눈 다음, QoS가 충분하면 3개 레이어를 모두 전송하고 QoS가 떨어지게 되면 이중 일부 레이어 만을 전송하여 전송량을 QoS에 맞게 조절하는 기법이다 [그림 4]. 그러나, MPEG-2 비디오 스트림에 포함되어 있는 각 픽처가 모두 독립적 형태인 인트라 코딩된 것이 아니기 때문에 임의의 프레임을 삭제하는 형태의 단순한 프레임 율 조정방식은 적용이 불가능하여, 픽처 타입에 따라 프레임 율을 조정하는 방식을 채택하였다.

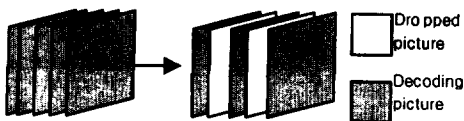



그림 4. 프레임 율 조정방법

MPEG 비디오 스트림에 프레임 율 조정과정을 적용하면 T_lyaer1에서 T_layer3까지 3개의 레이어(픽처 타입에 따른 서브 스트림)로 분리된다[2,13,14]. T_layer1는 I 픽처와 픽처 층 상위 수준에 존재하는 헤더 정보들을 모아놓은 것이고, T_layer2는 P 픽처를 모아놓은 것이며, T_layer3는 B 픽처만으로 구성되어 있다. 재생을 위해서 T_layer1은 기본적으로 존재하여야 하고, T_layer2와 T_layer3는 존재하지 않아도 문제 없다. 그러나 이들 2개 레이어가 누락되게 되면, 프레임 Drop으로 인하여 비디오의 동작이 부자연스럽게 된다.

픽처 분할 이전의 원본 MPEG 파일 크기를 MP라 하고, 분할한 3개의 레이어 파일 크기를 각각 MP_1(T_layer1), MP_2(T_layer2), MP_3(T_layer3)라 했을 경우에 다음과 같은 수식이 성립한다.

$$MP = \sum_{i=1}^{i=3} MP_i$$

프레임 율 조정기법에서는 위에서 정의한 3개의 레이어를 바탕으로 통신망의 환경에 따라 MPEG 비디오 스트림을 서비스 해주게 된다. 실험 결과에 의하면 비디오 마다 약간의 차이는 있지만 T_layer1이 차지하는 비율은 대략 25% 내외이고, T_layer2의 비율은 35% 내외이며 T_layer3는 대략 40% 정도임을 알 수 있었다. 따라서, 통신망 대역폭이 압축된 MPEG-2를 재생하는데 평균적으로 필요한 1.5Mbps의 25% 정도면 T_layer1 만을 이용하여 서비스하고, 대역폭이 60% 정도를 상회하면 T_layer1과 T_layer2를 병합하여 서비스하며, 대역폭이 1.5Mbps 이상이 나오면 T_layer1과 T_layer2 및 T_layer3 모두를 병합한 후 서비스하면 된다 [표 1].

3.1.2 구현 기법

프레임 율 조정기법을 적용하기 위해서 서버쪽에 MPEG 비디오 스트림을 픽처 타입에 따라 계층화하는 픽처 스케일러(Picture Scaler) 모듈을 설계하였고, 클라이언트 쪽에는 계층화된 각각의 레이어를 본래의 MPEG 비디오 스트림으로 재구성시키기 위해 픽처 병합기(Picture Composer)를 설계 및 구현하였다.

픽처 스케일러는 멀티미디어 데이터를 제공해주는 서버에서 MPEG 비디오 스트림을 여러 개의 레이어로 나누어 저장하는 역할을 수행한다. 이때 원래의

표 1. MPEG 파일의 픽처분할 결과

QoS / 파일	T_layer1 (평균 26%)	T_layer2 (평균 36%)	T_layer3 (평균 38%)
Ani.m1v (724KB)	284KB (39%)	201KB (28%)	241KB (33%)
Icehaki.m1v (4898KB)	632KB (13%)	2036KB (41%)	2238KB (46%)
Ad3.m2v (26666KB)	3093KB (12%)	9018KB (33%)	14572KB (55%)
Station.m2v (1996KB)	473KB (24%)	733KB (36%)	792KB (40%)
Flower.m2v (2752KB)	849KB (30%)	1084KB (40%)	824KB (30%)
Train.m2v (2750KB)	995KB (36%)	1028KB (38%)	732KB (26%)
관련 픽처	I 픽처	P픽처	B 픽처

픽처 순서로 재구성하기 위해 픽처들의 타입과 순서 정보를 가지고 있는 메타정보 파일을 각 레이어들과 함께 생성해주게 된다. 비디오 스트림을 픽처 단위로 분할하는 알고리즘에서 사용한 픽처 패턴변환 상태표는 [표 2]와 같다.

표 2. 픽처 타입 상태표

Old_Type	Cur_Type	Old_Type	Cur_Type
I,P,B1,B2	SEQ_START	G,I,P,B2	B1_PIC
S,I,P,B1,B2	GOP	G,I,P,B1	B2_PIC
S,I,P,B1,B2	I_PIC	I,P,B1,B2	SEQ_END
S,I,P,B1,B2	P_PIC		

픽처분할 알고리즘은 이미 압축된 형태로 저장되어 있는 MPEG 데이터를 입력 받아 현재의 픽처 타입은 Cur_Type에 저장하고, 이전의 픽처 타입은 Old_Type에 저장한다. MPEG 비디오 스트림에서 I, P, B 픽처는 규칙성을 갖고 반복되어 재생됨으로 Old_Type과 Cur_Type 사이에는 전이가 가능한 상태가 정해짐으로, 이 상태표를 이용하여 픽처를 분할하여 레이어화 하게 된다. 이 알고리즘을 적용하여 MPEG 비디오 스트림이 3개의 레이어로 분리된 모습을 도시하면 [그림 5]와 같다.

픽처 병합기는 멀티미디어 데이터를 수신하는 클라이언트 존재하며, 서버로부터 계층적으로 분리되

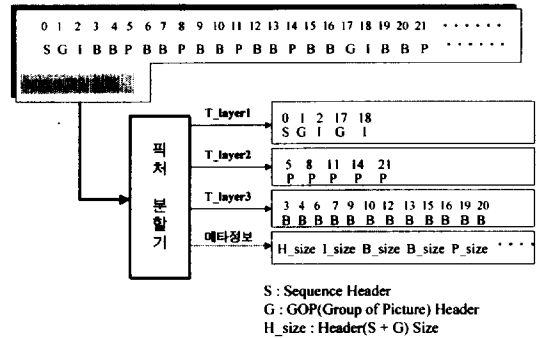



그림 5. 픽처 분할 알고리즘 실행결과

어 수신되는 레이어 별 데이터와 메타정보를 분석하여 재생될 수 있는 형태로 통합하는 과정을 수행하는 모듈로, 알고리즘은 [표 3]과 같다.

표 3. 픽처 병합 알고리즘

```
flag = TRUE;
Do {
    read(type, size, Meta_info);
    // Meta 정보에서 픽처타입과 픽처크기를 읽어옴
    buffer clear;
    switch (type) {
    case ( Header , I_PIC, End ) :  // T_layer1 이면
      read(buffer, size, T_layer1);
      write(buffer, size, output);
      if  type == End   then   flag = FALSE;
    case P_PIC :                // T_layer2 이면
      if  channel == QoS2  then
        write(Dummy_p_buffer, Dummy_p_size, output);
      else {
          read(buffer, size, T_layer2);
          write(buffer, size, output);
      }
    case (B1_PIC, B2_PIC) :     // T_layer3 이면
      if  channel == QoS3  then {
          read(buffer, size, T_layer3);
          write(buffer, size, output);
      } else
        write(Dummy_b_buffer, Dummy_b_size, output);
    } end switch
} while ( flag )
```

T_layer2나 T_layer3는 생략될 수 있으므로 동기화를 위해 Skipped(Dummy) 픽처를 삽입하는 문장이 포함되어 있다. 이 알고리즘을 적용하여 3개의 레이어로 분리되어 수신되는 MPEG 비디오 서브 스트림을 하나로 통합하는 과정은 [그림 5]의 역순으로 생각하면 된다.

3.2 화질 조정

3.2.1 기본 개념

화질 조정기법은 MPEG 비디오 구조의 최하위 층인 블록 층의 계수들을 이용하여 재생되는 비디오의 화질을 다양하게 레이어화하는 기법이다[그림 5].

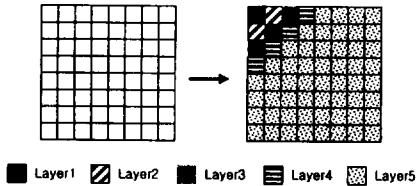



그림 6. DCT 블록을 이용한 화질분할 개념

DCT를 수행하는 단위인 블록은 8×8의 크기를 가지며, 이 블록이 하나의 DC와 63개의 AC로 이루어지는 것에 착안하여 이를 5개의 레이어로 계층화하였다[3,12,14]. DC를 기본 레이어인 F_layer1로 하고 AC1-2를 F_layer2, AC3-5를 F_layer3, AC6-9를 F_layer4, AC10-AC63을 F_layer5로 하였는데, 이는 다양한 MPEG 비디오를 화질단위로 분할한 후 실험하여 화질변화의 정도를 육안으로 판단한 기준으로 분리하였다. QoS에 따른 미디어 스케일러빌리티를 위해서는 화질보다는 데이터 양을 기준으로 분할해야 하지만, DCT 블록은 화면의 화질을 나타내는 기준이므로 이 방법을 채택하였다. 선택된 레이어에 맞게 그 이상의 레벨 계수들은 0으로 만들어 계층화하는 알고리즘은 [표4]와 같다.

표 4. 계층화 알고리즘

```
/* DCT를 수행한 블록을 QoS에 따라 양자화. */
for (count = 0; count < 8 and level > 0;  count++) {
     temp = (level - count > 0) ? (level-count) : count;
     for (count2 = 7; count2 > temp - 1 ; count2--)
          src[ count2 * 8 + count ] = 0;
}
```

레이어화 이전 원래 MPEG 파일 크기를 MP라 하고 레이어화된 파일 크기를 MP_f라 했을 때 계층화된 파일은 다음과 같은 수식으로 나타낼 수 있다.

$$MP = \sum_{f=1}^{f=5} MP_f$$

즉, MP는 5 종류의 그룹으로 분리되고 각 그룹은 i $(0 < i \le 64)$ 개의 연속된 DCT 계수를 가지며, 그룹간에 계수는 중복되는 경우가 없다.

화질 조정기법은 인트라 픽처뿐만 아니라 인터 픽처에도 적용할 수 있다. 이는 DCT가 인트라 픽처의 밝기 신호를 변환하는데 적용될 뿐 아니라, 인터 픽처의 이동추정 예측오차를 변환하는 데에도 적용되기 때문이다. 따라서, 화질 조정기법은 픽처분할 기법 결과로 분할되는 T_layer1과 T_layer2 및 T_layer3에도 적용하여, QoS 변화에 좀더 민감하게 반응할 수 있다

MPEG 비디오 부호화 과정은 입력된 비디오 데이터에 대해 DCT 과정과 양자화 (Quantization) 과정을 수행한 후 가변장 부호화(Run Length Coding)를 수행하여 압축된 형태로 저장하게 되는데, 저장되는 기본 단위는 블록이다. 그러나, 화질 조정과정 중에 원래의 블록을 5개의 레이어로 나누었기 때문에 가변장 부호화 값이 변하게 된다. 이로 인해 각 레이어를 이용하여 MPEG 비디오 스트림을 재구성하고자 할 경우 이러한 과정을 디코딩 한 후 다시 인코딩해야 하기 때문에 프레임 율 조정기법에 비해 소요되는 시간이 길게 된다. 따라서 본 연구에서는 병합기에서 계층적으로 분리된 MPEG 비디오를 병합할 때 사용되는 프로그램을 프로파일링하여 함수 단위로 최적화를 실시하였다.

3.2.2 화질분할 기법

화질분할 기법은 MPEG 비디오 파일을 구성하는 계층 중 블록 층 만을 이용하여 레이어화하기 때문에 블록 층을 제외한 나머지 계층(Sequence, GOP, Picture, Slice header)은 원본 데이터를 그대로 사용하게 된다[그림 7].

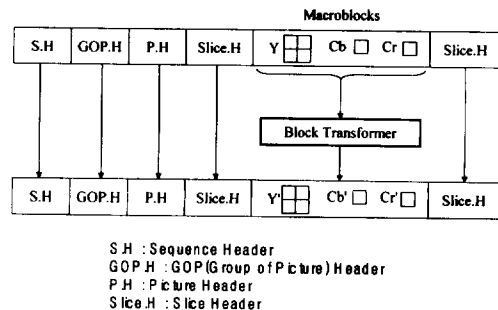



그림 7. MPEG 비디오 스트림의 화질분할 기법의 개념

이것은 기본 전송채널을 통해 데이터가 그대로 전송되어짐을 의미한다. 이 때 블록을 복호화하고 다시 양자화하는데 필요한 양자화 특성치와 양자화 매트릭스 등의 정보가 이 부분에 포함되어 있으므로 블록 변환기에 이 정보가 저장된다.

화질분할 기법을 이용하여 블록을 레이어화 하기 위해서 부호화된 매크로 블록내의 블록을 부호화의 역순으로 역양자화 과정까지 마치면, 부호화시 DCT를 수행한 8×8블록과 유사한 블록을 얻게 된다. 이 블록을 5개의 레이어로 분할한 후, 다시 양자화와 기변장 부호화를 수행한 후 5개의 버퍼로 출력되게 된다. [그림 8]은 인코딩 되어 있는 MPEG 비디오 스트림을 이용한 화질 분할기의 구조를 나타낸다.

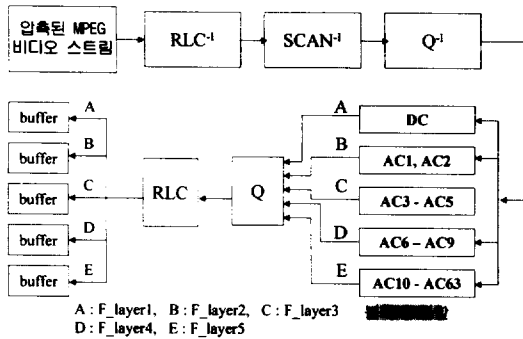



그림 8. 화질 분할기의 구조

[그림 9]은 원래의 비디오 화질과 DCT블록을 레이어화 했을 때 원본 이미지에 대한 Layer1, Layer3, Layer4에 해당하는 화질의 변화 정도를 나타내고 있다[파일 이름은 flower.m2v]. 여기서 Layer1이라 함은 DC만으로 구성된 F_layer1을 복호화한 것을 의미하고, Layer3는 DC와 AC1에서 AC5까지를 병합한 후 복호화한 것을 의미하며, Layer4는 DC와 AC1에서 AC9까지를 병합한 후 복호화한 것을 의미한다.

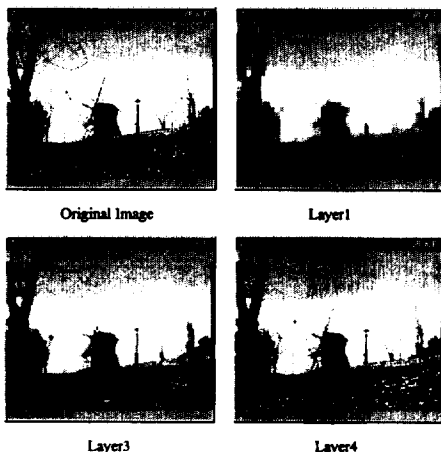



그림 9. 화질조정 기법에 따라 복원된 픽처

영상의 범주에 따라 다소 차이는 있겠으나 [그림 9]에서 보는 바와 같이 Layer3 이상의 영상을 이용하여 인터넷에서 비디오 서비스를 하는 경우에는 이미지를 구분하는데 문제는 없을 것으로 보여진다. 그러나, 전송되는 멀티미디어 데이터 양을 보면 Layer3의 경우는 원본에 비해 대략 60%가 감소하였음을 실험을 통해 알 수 있었다[표 5]. [표 5]에는 레이어별 파일 크기가 나타나 있는데, F_layer1만을 제외한 다른 레이어들은 독립적으로 재생이 불가능하다. 따라서 F_layer2 이상의 레이어들은 이전의 레이어들을 하나로 병합한 후 재생하여야 하는데, flower.m2v 파일의 경우 Layer3으로 재생하기 위해서는 각각의 단위 레이어 크기인 F_layer1(27%), F_layer2(5%), 그리고 F_layer3(6%)을 합한 결과인 38% 크기로 재생함으로, 화질은 열화 되었지만 서버는 원본 파일 크기에 비해 적은 양을 클라이언트로 송신하게 되어 통신망 자원을 절약할 수 있음을 알 수 있다. 파일 이름 밑의 숫자는 파일크기(KB : Kilo Bytes)를 나타낸다.

표 5. 레이어 별 파일크기에 대한 비율

QoS \ 파일	Flower (2752)	Train (2750)	Station (1996)	DCT 블록
F_Layer1 (평균 27%)	742 KB (27 %)	717 KB (26 %)	722 KB (36 %)	DC
F_Layer2 (평균 6%)	131 KB (5 %)	136 KB (5 %)	84 KB (4 %)	AC1-AC2
F_Layer3 (평균 7%)	190 KB (6 %)	199 KB (7 %)	114 KB (6 %)	AC3-AC5
F_Layer4 (평균 20%)	1357 KB (50 %)	228 KB (9 %)	130 KB (7 %)	AC6-AC9
F_Layer5 (평균 40%)	332 KB (12 %)	1470 KB (53 %)	946 KB (47 %)	AC10-AC63

3.3 메타 정보

3.3.1 필요성

MPEG 비디오 스트림를 서버에서 클라이언트에

서 전송하고자 할 경우에는 통신 대역폭 및 단말기의 성능에 따라 3개의 T_layer와 5개의 F_layer의 조합으로 생성된 15개의 레이어 중 하나를 선택하게 된다. 서비스를 위해 초기의 연결설정 과정에서는 이 레이어가 정적으로 결정되지만, 재생 중에 QoS가 변화하면 이를 송수신에 반영하기 위해 레이어간 이동 현상이 발생하게 된다.

이를 위해 송신을 담당하는 서버에서 T_layer와 F_layer를 레이어화 할 때, GOP단위로 픽처 및 화질 단위로 분할된 레이어에 대한 모든 정보를 갖고 있는 메타정보 파일을 생성한다. 이 메타정보 파일은 MPEG 비디오를 전송할 경우와 QoS에 따라 레이어를 이동할 경우에 사용된다. 특히, 서버에서는 전송 중 갑작스럽게 통신망 대역폭이 열화되면, 가용한 대역폭 보다 큰 데이터를 실시간으로 전송해야 함으로 지터(Jitter)나 데이터 손실(Data Loss) 등이 발생할 가능성이 있다. 이와 같은 경우에는 클라이언트에 존재하는 QoS 모니터로부터 새로운 QoS가 서버측으로 전송되어 오게 되는데, 이때 서버는 새로운 QoS에 적합한 낮은 레이어로 이동한 후 적은 양의 데이터를 전송하게 되어 지터나 데이터 손실 같은 문제점을 재생 중에 실시간으로 해결하고 전송 양도 대역폭에 맞게 조절할 수 있게 된다.

3.3.2 메타 정보 생성

메타정보는 서버의 스케일러블 미디어 분할기에 의해 오프라인 형태로 생성되어 레이어화된 해당 MPEG 데이터와 함께 서버 저장매체에 보관되어, 서버가 QoS에 따라 적합한 레이어를 전송할 수 있도록 도와준다. 동적인 QoS 적용 단위(Granularity)에 따라 생성되는 메타정보 파일 크기는 차이가 있으나, 시험한 모든 비디오 스트림의 경우 원본 MPEG 데이터와의 크기 비율이 1% 를 초과하지 않았으므로 이로 인한 저장매체의 저장부담은 미소할 것으로 판단된다.

일반적으로 MPEG 데이터는 초당 재생되는 프레임이 25 프레임 내외이고 하나의 GOP는 12 픽처로 구성되어 있다. 따라서, 2초 단위로 QoS 변화를 레이어 전송에 반영한다고 가정하면, 4개 GOP 단위로 메타정보를 생성하면 된다.

표현의 효율성을 위해 하나의 GOP가 12개가 아닌 9개의 픽처로 구성되고 T_layer만을 분할하여 QoS 변화에 적응한다고 가정했을 경우, 메타정보에 삽입되는 내용과 레이어간 이동 모습이 [그림 10]에 나타나 있다. 메타정보 파일에는 4개 GOP 단위로 I, P, B 픽처의 시작위치에 대한 옵셀(Offset)을 저장하고 있다. 처음에는 통신 대역폭이 충분하여 T_layer1, T_layer2, T_layer3을 병합한 형태인 QoS3로 모든 픽처를 전송하고, 5번째 GOP부터는 대역폭이 열화되어 QoS1으로 변경되었으므로 메타정보 파일을 참조하여 I 픽처 만을 전송한다. 그리고, 9번째 GOP부터는 대역폭이 QoS2로 상향 조정되었으므로 I와 P 픽처를 전송하고, 13번째 GOP부터는 대역폭이 원상회복되어 I와 P 그리고 B 픽처를 모두 전송한다. 클라이언트는 서버로부터 QoS 변화정보를 전달 받아, 레이어 단위로 수신한 MPEG 비디오 데이터를 병합하여 원래의 비트 스트림으로 복원하게 된다.

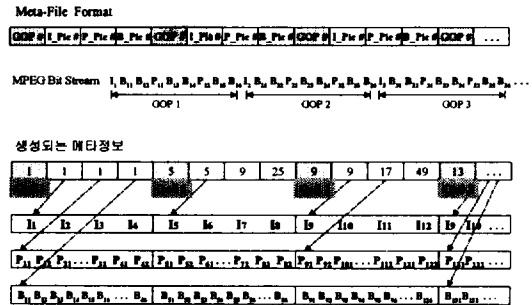



그림 10. 메타정보 생성 및 QoS 적용

Multicast나 Unicast 기법을 이용하는 기존의 레이어화된 인코딩 시스템에서는 QoS 열화로 인하여 서버로부터 송신되는 모든 채널로부터 클라이언트가 데이터를 수신할 수 없음에도 불구하고, 서버는 모든 채널에 서로 다른 품질을 갖는 비디오 스트림을 송신함으로써 불필요하게 통신망 대역폭을 낭비할 수 있음을 [그림 1]의 (b)를 통해서 알 수 있었다. 그러나, 서버에 연결된 클라이언트들의 QoS 정보를 알 수 있고, 서비스하고자 하는 비디오 스트림이 본 논문에서 제안하는 GOP 단위로 레이어별 위치 정보를 갖고 있다면 서버는 클라이언트가 수신 불가능한 채널에는 데이터를 송신하지 않음으로써 통신망 자원 낭비를 예방할 수 있다.

4. 통합된 분할기법

앞서 3장에서 제안한 2가지 QoS 필터링 기법을

개별적으로 적용하는 것 보다는 계층화를 보다 세분화하면 보다 융통성 있게 QoS 변화에 따라 적합한 서비스를 할 수 있어 2가지 방법을 통합한 기법을 설계 및 구현하였다. 통합된 분할기법은 대역폭 변화에 좀더 민감하게 반응할 수 있다.

분할하는 순서는 프레임 율 조정기법을 먼저 적용하여 픽처를 분리한 후, 분할된 픽처의 DCT 블록에 대해 화질 조정기법을 적용한다. 프레임 율 조정방법과 화질 조정방법을 적용하여 분할하면 3개의 T_layer마다 5개의 F_layer가 생성되어 총 15개의 레이어화된 파일이 생성되는데, 이 15개 파일에 부여한 의미와 이들 파일이 어떠한 정보를 소유하고 있는지를 살펴보면 다음과 같다.

- T_1F_1 : Sequence Header, GOP Header, I Picture Header, Slice Header, Macroblock, DC
- T_2F_1 : P Picture Header, Slice Header, Macroblock, DC
- T_3F_1 : B Picture Header, Slice Header, Macroblock, DC
- T_iF_2 : DCT Coefficient 1 - 2
- T_iF_3 : DCT Coefficient 3 - 5
- T_iF_4 : DCT Coefficient 6 - 9
- T_iF_5 : DCT Coefficient 10 63
  - i가 1이면 : I 픽처에서의 DCT 블록 계수
  - i가 2이면 : P 픽처에서의 DCT 블록 계수
  - i가 3이면 : B 픽처에서의 DCT 블록 계수

본 논문에서 제안한 QOS 필터링 기법을 구현하기 위해 MPEG Software Simulation Group(MSSG)의 MPEG-2 비디오 코덱을 사용하여 실험하였다[15-17]. 시험용 MPEG-2 비디오 스트림은 ad3.mv2, station.m2v, train.m2v, 그리고 flower.m2v 등으로, 이들 비디오 스트림을 통합된 분할 기법에 적용한 결과 좀더 다양한 형태로 세분화됨을 알 수 있었다. 이들 중 flower.m2v와 train.m2v는 1.43Mbps로 인코딩되어 있었고, 이를 $T_1F_1 \sim T_3F_5$까지 15개의 스케일러블 미디어 객체로 변환한 결과는 [표 6]과 같다.

[표 6]은 분할되어 있는 각 스케일러블 미디어 객체 그룹의 전송에 필요한 데이터 양을 분할 이전의 원본 MPEG-2 비디오 스트림의 데이터 양에 대한 백분율을 나타낸 것으로, T_iF_j는 i와 j의 수치가 자신보다 작은 레이어들을 합산한 결과다. 즉 T_3F_4는 다음과 같다.

$$T_3F_4 = \sum_{i=1}^{i=3}\sum_{j=1}^{j=4} T_iF_j$$

표 6. MPEG-2에 통합된 QoS 필터링을 적용한 결과

T_layer / F_layer	T_layer1 (I픽처)	T_layer2 (I,P픽처)	T_layer3 (I,P,B픽처)
파일 이름 : flower.m2v, 크기 : 2,752 KB			
F_layer1 (DC Only)	94 KB (4 %)	322 KB (12 %)	742 KB (27 %)
F_layer2 (DC, AC1-AC2)	190 KB (7 %)	445 KB (16 %)	873 KB (32 %)
F_layer3 (DC, AC1-AC5)	288 KB (11 %)	609 KB (22 %)	1,063 KB (38 %)
F_layer4 (DC, AC1-AC9)	749 KB (27 %)	1,666 KB (61 %)	2,420 KB (88 %)
F_layer5 (DC, AC1-AC63)	849 KB (30 %)	1,933 KB (70 %)	2,757 KB (100 %)
파일 이름 : train.m2v, 크기 : 2750 KB			
F_layer1 (DC Only)	107 KB (4 %)	359 KB (13 %)	717 KB (26 %)
F_layer2 (DC, AC1-AC2)	218 KB (8 %)	494 KB (18 %)	853 KB (31 %)
F_layer3 (DC, AC1-AC5)	337 KB (12 %)	668 KB (24 %)	1052 KB (38 %)
F_layer4 (DC, AC1-AC9)	456 KB (17 %)	864 KB (31 %)	1280 KB (47 %)
F_layer5 (DC, AC1-AC63)	995 KB (36 %)	2023 KB (74 %)	2755 KB (100 %)

flower.m2v 비디오 스트림의 경우, 요구된 QoS에 대하여 스케일러블 미디어 객체 파일 T_1F_1이 선택된 경우라면 원래 비트 스트림의 4% 만을 전송하면 되고, T_2F_4 객체 파일이 선택된 경우에는 원본에 비해 61%만 전송하면 된다. [표6]을 통하여 스케일러블 미디어 객체 파일의 크기를 다양하게 조절할 수 있음을 알 수 있었으며, 결과적으로 동적으로 변화는 다양한 QoS 요구에 서버에서 레이어 이동으로 적절히 대응하여 통신망에 전송되는 데이터 양을 적절하게 조절할 수 있었다. 실제로, 실험대상 MPEG-2 파일에 따라 [표6]의 결과는 달라질 수 있다[18]. 그러나, 레이어 별 파일 크기가 다양하여 본 논문에서 제안하는 레이어화 기법을 이용한 스케일러블 미디어 전송 기법에 충분히 활용할 수 있었다.

메타정보의 표현 및 이용의 적절성을 실험하기 위해 주기적으로 QoS 모니터링 결과값을 임의로 변화

시켜 가며 QoS 적응기에 전송한 결과, 메타정보를 서버의 송신기가 정확하게 활용하여 MPEG-2 비디오 스트림을 정해진 QoS의 레이어로 송신함을 알 수 있었고, 클라이언트는 수신 후 병합하여 재생할 수 있었으며, 재생 중에 QoS가 변하면 이에 따른 레이어도 서버에서 변경시킬 수 있어, 통신망에 전송되는 데이터 양을 QoS에 적합하게 조절함으로써 통신자원의 최적화를 달성할 수 있었다.

실험결과에 의하면 T_1F_1의 경우 5~7%가 되어 통신망 트래픽을 상당히 감소시킬 수 있었으나 화질의 열화가 심하여 이미지 인식이 어려웠다. 원본 비디오에 준하는 비디오를 보기 위해서는 T_2F_3 이상이어야 가능함을 실험을 통해 경험적으로 알 수 있었다. T_2F_3의 경우 원본 비디오 크기의 25%정도 이므로 데이터 양을 상당히 줄일 수 있어, 대역폭이 낮은 환경에서도 실시간 재생이 가능함을 알 수 있었다.

5. QoS 적응형 시스템 모델

지금까지 소개한 프레임 율 조정기법과 화질 조정기법, 그리고 메타정보를 이용하고 동적인 QoS 변화를 반영하여 응용 사용자가 멀티미디어 MPEG 비디오 스트림을 서비스 받기 위해서는, 이에 적합한 시스템 모델이 필요하게 된다. 또한, 프레임 율 조정기법과 화질 조정기법을 별개로 이용하게 되면 원본 비디오의 40% 정도의 데이터만으로 사용자의 멀티미디어 데이터 서비스가 가능하지만, 인터넷 망의 경우 대역폭 변화를 예측하기란 불가능 하여 이러한 데이터량으로 실시간 서비스를 하기에는 다소 많은 데이터가 포함되어 있는 경우가 존재하기 때문에, 두 기법을 통합하여 보다 세분화된 레이어를 이용하여 사용자 및 네트워크 환경에 따른 QoS의 변화에 적응할 수 있는 구조를 설계하였다.

따라서, 본 논문에서는 [그림 11]과 같은 QoS 적응형 시스템 모델을 제안한다.

5.1 서버 기능

서버는 MPEG 비디오 스트림을 서비스해주는 역할을 담당하고, MPEG 시스템 파일을 오디오와 비디오로 디먹싱(Demuxing)하는 것과 비디오 스티림의 레이어 단위 분할 및 메타정보 생성, 그리고 QoS에 적합한 미디어 전송 등의 기능을 가지고 있다. QoS

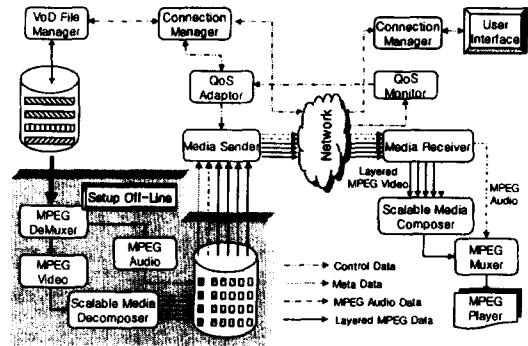



그림 11. QoS 적응형 시스템 구조

적응형 시스템 모델에서 서버에 해당하는 부분은 [그림 11]에서 중간에 있는 통신망을 중심으로 좌측 부분이 해당된다. 최초에 MPEG 비디오 스트림은 VOD 파일 관리자에 의해 압축된 형태로 저장매체에 기록되며, 그림에서 음영으로 표시된 모듈들에 의해 오프라인 처리된 후 레이어 별로 저장된다.

MPEG 디먹서(Demuxer)는 MPEG 비트 스트림에서 오디오와 비디오를 분리하는 기능을 수행하고, 스케일러블 미디어 분할기(Scalable Media Decomposer)는 비디오 데이터를 프레임 율 조정기법을 적용하여 3개의 T_layer로 분리한 후, 여기에 화질 조정기법을 적용하여 5개의 F_layer를 생성함으로써 총 15개의 레이어로 분리함과 동시에 이에 대한 메타정보를 생성하는 일을 수행한다. 연결관리자(Connection Manager)는 클라이언트와의 연결 설정시부터 세션 종료시까지 동작을 하며, QoS 적응기(QoS Adaptor)는 클라이언트로부터 전송되는 QoS를 수신하여 미디어 송신기(Media Sender)가 어떠한 레이어를 선택적으로 전송할 것인가를 결정하는 역할을 수행한다. 만일, 클라이언트로부터 피드백 되어 오는 QoS가 레이어를 변경해야 하는 요인을 유발시키는 경우, 메타정보를 참조하여 전송하는 비디오 데이터의 레이어를 QoS에 맞는 레이어로 이동시킨다.

대역폭에 따른 QoS 파라메터가 주어졌을 때 이에 해당하는 레이어의 조합이 하나이상 나올 수 있으므로, 여러 개의 조합 중 적절한 조합을 선택해야 할 필요가 있다. 이에 선택된 조합 중에서 최상의 레이어를 사용자 간섭 없이 자동으로 선택하는 알고리즘은 [표 7]과 같다. QoS 파라메터로는 알고리즘의 단순화를 위해서 네트웍 대역폭과 사용자가 선호하는

표 7. QoS에 따른 레이어 선택 알고리즘

```
Input: t (bandwidth), p (preference), X (array)
Output: i (T_layer level), j (F_layer level)
begin
    if (p = temporal) then k := 3; f := 5;
    else k := 5; f := 3;
    count := 0;
    for t := k downto 1 do
        for s := f downto 1 do
            if (count >= 2) then break;
            if (X[t][s] £ t) then
                Add(t, s);  count = count + 1;
            continue;
    if (Delete(&k, &f) = false)
        then service is not available
    if (Delete(&m, &n) = false)
        then  I := k; j := f;
    if ((k-m) > 1) then  i := k; j := f;
    else if (f-n) > 1) then  i := m; j := n;
    else i := k; j := f;
end
```

분할기법(Frame Rate or Fidelity)을 채택하였다. 알고리즘에서 입력으로는 네트웍 대역폭과 사용자선호 분할기법, 그리고 각 레이어들을 조합한 파일의 비트 율을 포함하는 배열이 들어오며, 결과값으로는 T_layer 레벨과 F_layer 레벨이 된다. 그리고 여러개의 조합이 나올 수 있을 때, 대역폭에 가장 가까운 2개의 조합만을 가지고 선택알고리즘을 적용하면 된다.

[표 7]의 알고리즘에서는 우선적으로 사용자의 선호도를 반영해서 후보조합을 선택하지만, 만약 사용자가 선택한 선호도 조합과 나머지 조합의 레벨이 많은 차이가 있을 경우 다른 선호도를 선택하여, 주어진 대역폭에서 최상의 서비스를 할 수 있게 한다. 즉, 사용자가 프레임 율을 선호하면 자연스러운 화면을 요구한 경우로, 나머지 하나의 조합이 T_layer 레벨의 차가 T_3와 T_2 같이 1만큼의 차이가 난다면 F_layer 레벨을 보고, T_layer 레벨의 차이가 2이상이었을 때에는 사용자가 선호한 기법을 우선으로 선택한다. 그렇지 않을 경우에는, 두 번째 조합을 분석하여 레이어를 선택하게 된다.

예를 들어, 대역폭이 60이고 선호도가 프레임 율인 상태에서 위에서 기술한 알고리즘을 적용한 결과 후보자 조합이 T_3F_2와 T_2F_4가 나왔을 때 먼저 사용자가 선호한 T_layer 레벨인 3과 2를 비교하여 1만큼의 차이가 나므로 F_layer 레벨을 살펴보게 되며, 이때 레벨의 차이가 2이상이 차이가 나므로 T_2F_4를 선택하게 된다. 다른 예로 T_3F_3, T_1F_5가 있을 때 사용자가 선호한 T_layer의 차가 2 이상이기 때문에 F_layer를 고려하지 않고 바로 T_3F_3를 선택해주게 된다. 이와 같이 하는 이유는 가능하면 사용자의 간섭을 최소화한 상태에서 최상의 품질로 서비스하기 위함이다. 사용자가 화질을 선호한다는 의미는, 화면의 자연스런 움직임 보다는 선명한 화질로 서비스 받고자 한다는 의미다.

5.2 클라이언트 기능

멀티미디어 MPEG 데이터의 서비스를 받고자 하는 응용 사용자는 클라이언트에 위치하게 되며, 사용자는 GUI 환경을 이용하여 서버와 연동하게 된다. QOS 적응형 모델에서 클라이언트 구조는 [그림 11]의 중간에 있는 통신망을 중심으로 오른쪽에 위치에 있다.

그림 12. 클라이언터 사용자 인터페이스 화면

사용자 인터페이스는 사용자 단말기 상에 아이콘 형태로 존재하여, 마우스로 더블 클릭하게 되면 연결 관리자의 도움을 받아 미리 정해진 프로토콜에 의해 서버와 연결되게 된다. 연결 설정이 완료되면 서버에서 서비스 가능한 MPEG 비디오 데이터의 목록과 QoS 선호도, 재생과 종료 버튼 등이 서버의 도움을 받아 클라이언트에 표시되게 된다 [그림 12].

[그림 12]에서 프레임 율 조정 레이어의 I Layer는 T_layer1을 의미하며, P Layer는 T_layer1과 T_layer2

를 병합한 것을 의미하고, B Layer는 3개의 T_layer를 모두 병합한 것을 의미한다. 화질(Resolution) 조정 레이어의 Layer 1은 F_layer1을 의미하며, Layer 2는 F_layer1과 F_layer2를 합한 것을 의미하고, Layer 5는 모든 F_layer를 병합한 것으로 원본 화질을 그대로 유지하는 경우이다. 즉, 아래의 레이어는 위에 있는 레이어를 합한 것을 의미한다. 또한, 하나의 프레임 율 조정 레이어는 5개의 화질 조정 레이어와 조합할 수 있으므로 총 15개의 레이어가 만들어지게 된다. 이는 통합된 분할기법을 적용한 결과다.

사용자의 QoS 선호도에서 I Layer가 선택되면 클라이언트는 I 픽처만을 수신하여 재생하므로 화면의 움직임이 부자연스럽게 된다. B Layer가 선택되면 모든 픽처를 수신하여 재생하게 되므로 본래의 자연스런 화면의 움직임으로 MPEG 비디오를 볼 수 있게 된다. 만일, 화질 Layer 3이 선택되면 원본에 비해 화질이 다소 떨어진 형태의 비디오를 보게 된다. 즉, 프레임의 B Layer와 화질의 Layer 3이 선택된 이외의 경우는 서버로부터 전송되는 데이터 양이 줄게 되어 서버의 부하를 경감시키게 되고 전송량 감소로 통신망 자원을 절약하게 된다. 그러나, 사용자는 항상 초기에 설정된 레이어로 MPEG 비디오를 끝까지 볼 수 있는 것은 아니다. 클라이언트에 존재하는 QoS 모니터(QoS Monitor)의 모니터링 결과가 주기적으로 서버의 QoS 적응기에 전달되어 현재 서비스 중인 QoS와 비교한다. 만일 전달 받은 통신망 대역폭이 서비스 중인 QoS와 차이가 나는 경우에는, 서버의 QoS 적응기가 [표 7]의 레이어 선택 알고리즘을 수행시켜 전달 받은 QoS에 적합한 레이어로 서비스 하도록 미디어 송신기에게 레이어 이동을 지시하며, 송신기는 이미 분할시 생성되어 있는 메타정보를 이용하여 레이어 변경을 시도함으로써 서버로부터의 데이터 발생 율을 최신의 QoS에 적합하게 조정한다. [그림 12]에서는 레이어 선택 알고리즘 수행결과 프레임 율의 I Layer과 화질의 Layer 1이 선택된 것을 보여주고 있는데, 이 경우는 현재 통신망 상황이 최악의 상태임을 나타내고 있다.

미디어 수신기(Media Receiver)는 서버로부터 전송되는 MPEG 오디오 데이터는 MPEG 먹서(Muxer)에게 보내고, 레이어별 비디오 데이터와 메타정보는 스케일러블 미디어 병합기(Scalable Media Composer)에게 보내는 기능을 수행한다. 스케일러블 미디어 병합기는 메타정보를 분석하여 레이어화된 MPEG 비디오 데이터를 하나로 병합한 후 먹서에게 보내는데, 레이어 단위로 수신한 비디오 스트림을 병합하는 알고리즘이 [그림 13]에 도시 되어 있다. [그림 13]에서 보는 바와 같이 병합 알고리즘은 통합된 분할 알고리즘에서 픽처부터 분리한 것과는 반대로 화질 병합작업부터 실행한다. 즉, QoS에 따라 수신한 DCT 블록의 조각을 부호화의 역순으로 역양자화 과정까지 수행한 후 블록을 파싱하여 하나로 합한 후 다시 부호화하여 픽처를 만들므로써 원본 비디오 스트림의 픽처패턴을 복원한다. 먹서는 MPEG 오디오와 비디오를 수신하여 통합된 MPEG 시스템 파일을 생성한 후 재생기가 재생할 수 있도록 한다.

그림 13. 통합된 병합 알고리즘

만약 충분하지 못한 통신망 대역폭으로 인해 T_layer2 또는 T_layer3를 생략하게 되면 전체 스트림을 구성하는 픽처들의 수가 달라질 수 있다. 이때에는 이전 픽처와 동일한 픽처일 경우 MPEG 표준에서 정의하여 사용되는 Skipped(Dummy) 픽처를 생략된 픽처의 위치에 삽입하여 초당 재생되는 프레임율을 보상하여 MPEG 비디오와 MPEG 오디오 간의 동기화를 맞춘다.

5.3 통신 프로토콜

서버 모듈과 클라이언트 모듈 간의 통신 프로토콜은 실시간 데이터 전송시 사용하는 RTP를 사용하였다. 그리고, RTP상을 오고 가는 데이터 전송을 클라이언트에서 모니터링하는 것과 결과를 서버에 송신하기 위한 프로토콜로 RTCP와 RTSP를 사용하여 현재 설계 및 구현 중에 있다.

서버에 존재하는 송신기는 클라이언트에 존재하

는 수신기 쪽으로 계층화된 MPEG 비디오 스트림을 전송하는데, 이때 이용하는 서브 스트림(동일 픽처 타입들의 모임) 간의 채널 연결도는 [그림 14]와 같다.

그림 14. 미디어 송신기과 수신기 사이의 연결도

메타정보와 I 픽처는 재생을 위해 반드시 필요함으로 같은 채널(T_layer1)을 사용한다. 지금까지의 구현에서는 제어채널과 메타정보 채널은 전송오류를 최소화하고 신뢰성을 보장하기 위해 TCP 기반으로 연결 설정하였고, 나머지 부분은 UDP를 근간으로 하는 RTP를 사용하여 연결되어 있다.

5.4 구현결과 분석

QoS를 동적으로 모니터링하는 기능은 앞서 언급한 것처럼 현재 설계 및 구현 중에 있다. 이를 제외하고 지금까지 본 논문에서 제안한 모든 모듈과 기법들은 구현이 완료된 상태며, 구현된 각 모듈들을 QoS 적응형 시스템 모델 구조에 맞게 통합하여 시험하였다.

시험 결과 본 논문에서 제안하는 기법을 사용한 서버는 데이터를 QoS에 적합한 양 만큼을 통신망상으로 전송하게 되어, 서버의 부하를 경감시키고 대역폭을 효율적으로 이용함을 알 수 있었다. 여러 개의 클라이언트를 상대로 QoS 적응 여부를 실험한 결과 통신망상의 데이터 흐름을 QoS를 통하여 제어할 수 있어 대역폭이 폭주하는 현상을 피할 수 있었다.

QoS를 동적으로 모니터링하는 기능을 구현하는 것 이외에 현재 본 연구 결과를 발전시키기 위해 추가적으로 수행중인 연구는, 본 논문에서 제안한 QoS 적응형 시스템 모델 내의 일부 모듈들을 필터화하고 있다. 현재 필터화 대상이 되는 모듈들은 주로 클라이언트에 존재하는데, 특히 미디어 수신기 및 병합기와 먹서 및 재생기의 필터화는 상당히 진척된 상태다. 이들 모듈을 필터화 하는 이유는 COM(Common Object Model)과 필터의 장점을 최대한 활용하여 표준화된 형태의 인터페이스를 갖은 상태에서, 개발된 모듈의 이식성과 상호 운용성을 향상시켜 좀더 안정된 상태로 멀티미디어 데이터를 실시간 스트리밍 서비스를 하기 위함이다.

6. 결 론

본 연구의 목적은 MPEG 비디오 스트림을 통신 대역폭에 따라 데이터 양을 조정하는 기술과 대역폭 변화를 비디오 데이터 재생 중 동적으로 반영하기 위한 기법을 연구 개발하는 것이다. 이를 위해 QoS 필터링 기법으로 프레임 율 조정기법과 화질 조정기법을 조합한 스케일러블 미디어 분할 방법을 제안하였다. 그리고, 분할시 함께 생성한 메타정보를 이용하여 QoS에 따라 미디어를 스케일러블하게 전송하는 전송기와 통합하는 병합기를 제안하였다. 동적인 대역폭 변화를 반영하기 위한 기법으로는 현재 설계 및 구현 중인 QoS 모니터와 QoS 적응기 모듈을 제안하였고, 지금까지 열거한 모든 기능을 통합하여 서버와 클라이언트가 유기적으로 연동하는 QoS 적응형 시스템 구조를 제안하였다.

또한, 본 논문에서 제안한 미디어 스케일링 기법을 QoS 적응형 시스템 구조에 적용함으로써 주어진 MPEG 비디오 스트림을 전체 크기는 변화되지 않는 상태에서 다양한 크기를 갖는 여러 개의 레이어 파일로 분할할 수 있었고, 분할된 파일들은 재생 중에 QoS에 따라 다른 레이어로 전송된 후 병합되어 재생될 수 있음을 실험을 통해 확인할 수 있었다.

이로 인해, 기존의 연구결과가 같은 비디오 데이터를 QoS에 따라 여러 개 중복 저장함으로써 기억공간을 낭비하고, 사용자 간섭 없이 QoS를 결정하지 못하는 단점과, 재생 중에 동적으로 변하는 QoS를 서비스에 반영하지 못하는 문제점을 해결할 수 있었고, 클라이언트 QoS에 적합한 양 만큼의 데이터를 서버가 송신함으로써 서버의 부하 경감효과 및 통신망 최적화의 기틀을 마련할 수 있었다.

따라서, 본 논문에서 제안하는 모델을 이질적인 환경을 갖는 망들이 서로 연동되는 인터넷에 적용하여 Unicast 및 Multicast 기법의 인터넷 VOD와 인터

넷 방송 등의 서비스에 응용한다면, 대역폭 변화를 동적으로 반영하며 실시간으로 비디오를 서비스할 수 있는 환경을 구축할 수 있고, 불필요한 데이터가 통신망 상에 오고 감으로써 발생하는 자원의 낭비를 예방함으로써 통신 자원의 효율성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

[1] Harrick Vin, "Heterogeneous Networking," IEEE Multimedia, pp. 84-87, 1995.

[2] 김태형, 유우종, 김형철, 궁상한, 유관종, 스케일러블 전송을 위한 MPEG-2 비디오 Temporal Layered Coding에 대한 설계 및 구현, 한국정보과학회 추계 학술발표 논문집, 제25권, 제2호, pp.462-464, 1998.

[3] 손호신, 유우종, 김형철, 유관종, 동적인 QoS 변화에 적응시키기 위한 MPEG-2 Video Layered Coding, 한국정보처리학회 추계 학술발표 논문집, 제5권, 제2호, pp.213-216, 1998.

[4] 김형철, 강민규, 김두현, QoS 적응형 스트리밍 서비스를 위한 MPEG 비디오의 미디어 스케일링 기법, 한국정보처리학회 추계 학술발표 논문집, 제6권, 제2호, 1999.

[5] International Standard ISO/IEC 13818-2, Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information : Video, 1996.

[6] 정제창, 그림으로 보는 최신 MPEG, 교보문고, 1995.

[7] H. H. I Berin, "MPEG-1 and MPEG-2 Digital Video Coding Standards," http://wwwam.hhi.de/mpeg-video/paper/sikora/mpeg1_2/mpeg1_2.htm.

[8] R. Arvind, R. Civanlar, and R. Reibman, "Packet Loss Resilience of MPEG-2 Scalable Video Coding Algorithms," IEEE Trans. circuit and systems for video tech. vol.6. no.5, pp. 426-435, 1996.

[9] J. Y. Lee, T. H. Kim, and S. J. Ko, "Motion Prediction Based on Temporal Layering for Layered Video Coding," Proceeding of ITC-CSCC'98, vol.1, July. 1998.

[10] A. Puri, L. Yan and B.G. Haskell, "Syntax, semantics and description of Temporal Scalability," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG Doc. 93/795, Sept. 1993.

[11] S. R. McCanne, Scalable Compression and Transmission of Internet Multicast Video, Report No. UCB/CSD-96-928, 1996.

[12] 손호신, 유우종, 김형철, 유관종, Scalable Transmission을 위한 Network QoS 결정기법과 SpatioTemporal LC 기법에 관한 연구, 한국정보처리학회 추계 학술발표 논문집, 제6권, 제2호, pp.DB195-DB198, 1999.

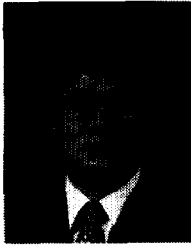
[13] 김태영, 손호신, 유우종, 김형철, 유관종, QoS를 고려한 SpatioTemporal Layered Coding과 Scalable Transmission에 관한 연구, 한국정보과학회 추계 학술발표 논문집, 제26권, 제2호, pp.614-616, 1999.

[14] W.J.Yoo, T.Y.Kim, H.S.Son, K.J.Yoo, H.S.Sin, H.C.Kim, "A study on the Layered Compression and Transmission of MPEG Video," International Conference on Information Technology and Computer Education (ICITCE'99), Chonju, Korea, pp.287-297, 1999.

[15] MPEG Committee, MPEG-2 Test Model 0-5, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N0400, April, 1993.

[16] MPEG Committee, MPEG Software Simulation Group(MSSG) Video Codec, http://www.mpeg.org/MPEG/MSSG

[17] 구준모, "MPEG-2 Source," http://www.infoage.co.kr/maso/MPEG_9706.zip

[18] M. Krunz, R. Sass, and H. Hughes, "Statistical Characteristics and Multiplexing of MPEG Streams," Proceeding of INFOCOMM'95, pp. 455-462, 1995.

유 우 종

1987년 충남대학교 계산통계학과 (이학사)
1990년 충남대학교 대학원 계산통계학과(이학석사)
1995년~현재 충남대학교 대학원 전산학과 박사과정 수료
1987년~1993년 한국전자통신연구원 선임연구원
1993년~현재 대전보건대학 컴퓨터정보처리과 조교수
관심분야 : 멀티미디어 응용, 실시간 미디어처리, 병렬처리, VOD
E-mail : wjyoo@tjhealth.ac.kr

김 두 현

1985년 2월 서울대학교 컴퓨터공학과(공학사)
1987년 2월 한국과학기술원 전산학과(이학석사)
1991년~1993년 미국 스탠포드연구소 객원연구원
1993년 12월 정보처리기술사 취득
1987년~현재 한국전자통신연구원 책임연구원, 멀티미디어그룹웨어연구팀장
관심분야 : Multimedia Collaboration, Distributed Multimedia, 멀티미디어 시스템 성능분석
E-mail : doohyun@etri.re.kr

유 관 종

1976년 서울대학교 계산통계학과 (이학사)
1987년 서울대학교 대학원 전산학전공(이학석사)
1985년 서울대학교 대학원 전산학전공(이학박사)
1987년~1989년 충남대학교 전자계산소 소장
1990년 1월~12월 캘리포니아대학(Irvine) 방문교수
1979년~현재 충남대학교 공과대학 정보통신공학부 교수
1995년~현재 한국정보과학회 이사
관심분야 : Agent, Scalable Coding, 멀티미디어 응용, VOD, 병렬처리, 컴파일러 설계
E-mail : kjyoo@cs.cnu.ac.kr